Aus der Prothetischen Abteilung (Leiter: Prof.Dr.H.Kirsten)
der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten (Direktor: Prof.Dr.med.Dr.med.dent.E.Harndt)
der Freien Universität Berlin

Messung der Retentionskraftveränderungen von gegossenen Ney-Klammern aus Gold- und Chrom-Kobalt-Legierungen unter der Einwirkung von Dauerbelastungen.

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der zahnmedizischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

1965

vorgelegt von
Karl-Heinrich Eiselt
aus Magdeburg

Aus der Prothetischen Abteilung (Leiter: Prof.Dr.H.Kirsten)
der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten (Direktor: Prof.Dr.med.Dr.med.dent.E.Harndt)
der Freien Universität Berlin

Messung der Retentionskraftveränderungen von gegossenen Ney-Klammern aus Gold- und Chrom-Kobalt-Legierungen unter der Einwirkung von Dauerbelastungen.

ACAD.
LUGD. BAT.
BIBL.

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der zahnmedizischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Karl-Heinrich Eiselt
aus Magdeburg

Dekan: Professor Dr.med. Adalbert L o e s c h k e

Referent: Professor Dr.med.dent. Hermann K i r s t e n

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. med. dent. W. H i e l s c h e r

ACAD.
LUDW. DAT.
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin.

Promoviert am: 18. 2. 1965

I N H A L T S A N G A B E

Seite

Einleitung 1

I. Literaturübersicht 2

II. Physikalische Grundlagen 8

III. Eigene Versuche 14

Untersuchungsmaterialien 14

Prinzip der Retentionskraftmessung 15

Modellherstellung 15

Klammerherstellung 16

Ausführung der Messungen 18

IV. Meßwerte 24

V. Diskussion 33

VI. Zusammenfassung 36

VII. Literaturverzeichnis 37

E i n l e i t u n g

Die Befestigung von Teilprothesen am Restzahnbestand durch gegossene Klammern wird schon seit der Einführung der Gußverfahren in die Zahnheilkunde durchgeführt. Ungeeignete Legierungen, schlechte Paßgenauigkeit der Güsse infolge mangelhafter Konstruktion und Planung führten aber im allgemeinen zu Mißerfolgen.

Die gegossenen Klammern und die Einstückgußprothesen gewannen erst dann immer mehr an Bedeutung, als durch genaue Vermessung der Klammerzähne und geeignete Verarbeitungstechnik sowie durch eigens für den Modellguß entwickelte Legierungen die Haltbarkeit verlängert und die Funktionstüchtigkeit bedeutend erhöht wurden. Heute ist die Gußklammer aus der Zahnheilkunde nicht mehr fortzudenken.

Der Modellguß wird in Gold- oder in Chrom-Kobalt-Legierungen ausgeführt. Obgleich beide Legierungsarten wesentliche werkstoffkundliche Unterschiede besitzen, werden die daraus hergestellten Gußklammern nach gleichen Konstruktionsprinzipien angefertigt. So werden auch die Klammerformen des Ney-Systems, die im Grunde nur für Goldlegierungen entwickelt wurden, vielfach aus Chrom-Kobalt-Legierungen hergestellt.

Unter Voraussetzung gleicher Klammerformen ergeben sich bei Verwendung von Chrom-Kobalt- anstelle von Gold-Platin-Metallen verschiedene Werte der Retentionskraft. Mit diesem unterschiedlichen Verhalten der Retentionskräfte beider Legierungsarten bei längerer Tragezeit befaßt sich die vorliegende Arbeit.

Am Phantomodell wurden die Retentionskräfte der gegossenen Klammern aus unterschiedlichen Metallegierungen ermittelt und verglichen.

Die Retentionskraftminderung bei Dauerbeanspruchung wurde in einer zweiten Versuchsreihe untersucht.

I. Literaturübersicht

Die ersten methodischen Untersuchungen von Klammern und Klammermetallegierungen wurden Ende der 20iger Jahre durchgeführt. W e s t p h a l (37), G r o ß und N o w a c k (11) und T e r j u n g (35) untersuchten Klammerdrähte und Metallegierungen auf ihre Elastizität und auf ihre Eignung zur Klammerherstellung.

B a e t z (3) untersuchte u.a. die Dauerbiegezahlen von gezogenen und gegossenen Metallstäben. Er benutzte dazu eine Biegemaschine der D e g u s s a. Dieses Gerät winkelte gerade Stäbe aus gezogenem und gegossenem Material um 8° ab. Die gegossenen Stäbe erreichten nur 15 - 20% der Biegezahlen, die von den gezogenen Stäben ausgehalten wurden. Dieses war nach den werkstoffkundlichen Erfahrungen zu erwarten.

In einer anderen Untersuchungsreihe prüfte er Klammern auf ihre Dauerbiegezahl. Zum Vergleich fertigte er in ihren Dimensionen völlig gleiche Klammern aus gezogenem und gegossenem Material an. Diese prüfte er in einem von L e u s e r (26) entwickelten Gerät (vgl. Abb.1).

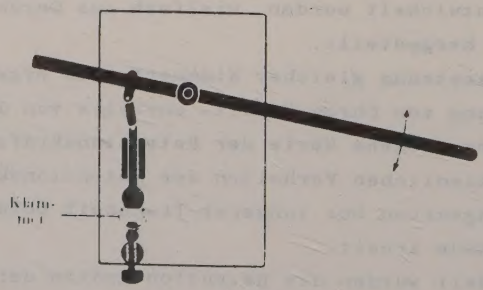


Abbildung 1

Die Apparatur arbeitete auf folgende Weise: Ein Stempel, der um 1 mm größer als der Abstand der beiden Klammerenden ist, wird von einer hin- und hergehenden Schubstange in die Klammeröffnung gedrückt. Dadurch wird jeder Klammerarm um 0,5 mm aufgebogen.

Nach 2,6 Millionen Biegungen wurde der Versuch für die

Drahtklammer abgebrochen, da nur mechanischer Abrieb vorhanden war. Aus den gleichen Gründen wurde nach 840 ooo Biegungen der Versuch mit der gegossenen Klammer abgebrochen. Eine Erhöhung des Abbiegeweges auf 1 mm je Klammerarm ließ die Gußklammern jedoch nach 240ooo Biegungen zum Bruch kommen. Aus diesem Ergebnis schloß B a e t z auf eine Überlegenheit der Klammer aus gezogenem Material gegenüber der Gußklammer.

S i t t n e r (34) untersuchte 1936 Vitallium, eine Chrom-Kobalt-Legierung, auf ihre Verwendungsmöglichkeit in der Zahnheilkunde.

Diese Legierungsart wurde schon vor dem 1. Weltkrieg von T a m m a n n als sog. "Tammann-Legierung" entwickelt. Aber erst um 1930 wurde sie für zahnärztliche Zwecke verwendet.

S i t t n e r (34) führte seine Dauerbiegeprüfungen mit den gleichen Apparaten aus, die schon B a e t z (2) benutzt hatte. Es wurden die gleichen Klammerdimensionen wie bei den Versuchen von B a e t z (2) gewählt, um einen Vergleich der Werte durchführen zu können.

Auch der Auffederungsweg der Klammer wurde mit 1 mm je Klammerarm beibehalten. S i t t n e r konnte zeigen, daß Vitallium eine sehr geringe Biegezahl hatte (Bruch nach 78ooo Biegungen) und sehr leicht deformiert wurde. Schon nach 100 Belastungen wurde eine Deformation von 0,6 mm gemessen. Eine Wiederholung der Versuche mit schlankeren Vitalliumklammern (1,3 mm Querschnitt) zeigte ein viel günstigeres Ergebnis für Biegezahl und Deformation. Die nachfolgende Tabelle verdeutlicht dieses:

Vitallium 1,5 mm	Bruch nach 78.ooo Belastungen
Vitallium 1,3 mm	Bruch nach 223.ooo Belastungen
Goldgußkl.1,75 mm	Bruch nach 240.ooo Belastungen
Golddraht 1,5 mm	Bruch nach 360.ooo Belastungen

Trotz dieser relativ günstigen Ergebnisse der zweiten Versuchsreihe stellte S i t t n e r (34) die Deformation, die Unzulänglichkeit der Gußverfahren und die damit ver-

bundene Gefahr der Lunkerbildung, die zur Schwächung der Klammer führen könnte, in den Vordergrund und stellte fest:
"Auf Grund des frühzeitigen Eintritts einer Dauerdeformation und der geringen Bruchfestigkeit ist die Vitalliumklammer als Halteapparat wie jede andere Gußklammer, gleichgültig aus welchem Material, nicht indiziert."
Ebenso sagte E l b r e c h t (7) 1936:
"Aufgrund der Tatsachen kann man nur zu dem Schluß kommen, daß jede Gußklammer, ganz gleich aus welchem Material sie gefertigt wird, aufgrund des frühzeitigen Eintritts einer Dauerdeformation, der geringen Dauerbeanspruchung, der Möglichkeit einer Schwächung durch Lunker und der Bruchgefahr bei einer Korrektur durch Nachbiegen abzulehnen ist."
Diese negative Einstellung zur Gußklammer ist sogar noch in einer Zeit, in der sich die gegossene Klammer mit dem Ney-System allgemein durchgesetzt hatte, zu finden. So sagte S c h e u (30):
"Die Einführung der Gußtechnik bedeutet zweifellos einen großen Fortschritt für die Zahntechnik. Heute ist man jedoch zu der Erkenntnis gekommen, daß ihre Verwendung für die Klammertechnik ein Fehler ist, weil auch das beste Gußmaterial in seinen Eigenschaften mit einem gehämmerten, gezogenen oder gewalzten Material nicht vergleichbar ist."
S c h e u berücksichtigt bei seiner Kritik aber nicht, daß diese Unterschiede zwischen gezogenem und kaltverformtem Material bewußt in die Konstruktionsprinzipien des Ney-Systems einbezogen worden sind. Da eben gegossene Klammerarme nur kleinere Federwege ausführen können, wurde eine spezielle Vermessungstechnik entwickelt. Durch Modernisierung der Gußverfahren konnte die Lunkerbildung weitgehend vermindert und durch Entwicklung von Einbettmassen mit genügender Expansion die Paßgenauigkeit vergrößert werden.
Die Argumente, auf die sich S i t t n e r (34), E l b r e c h t (7) und S c h e u (30) berufen, sind damit

im wesentlichen gegenstandslos geworden. Ist man sich der Unterschiede zwischen einer kaltverformten und einer gegossenen Metallegierung bewußt, können Gußklammern erzielt werden, die den Wert einer gebogenen Drahtklammer weit übertreffen.
Gute klinische Erfolge mit Einstückgußprothesen und Prothesen mit gegossenen Klammern zeigten u.a. H e h r i n g (13), A n d e r e s (2), M a r k s k o r s (21), J e n u l l (15) und H a h n (12).
Die Entwicklung der Gußklammer von der einfachen abnehmbaren Brücke bis zur heutigen vermessenen und abgestützten Einstückgußprothese begann mit der Einführung des Muffelgusses durch O l l e n d o r f (27) und T a g g e r t (35). Auf diesem Gußverfahren fußend, wurden von R o a c h (9) und N e s b e t t (23) Verfahren angegeben, abnehmbare Brücken in einem Stück zu gießen. Damit war der Beginn der heutigen Modellgußtechnik geschaffen. W e i g e l e (36), S c h m i t z (31), R e i c h e r t (28), L o o s (20) u.a. verfeinerten die Herstellungsmethoden. Zur Bestimmung des Federweges der Klammerarme genügte bei zwei Klammerzähnen noch das Augenmaß. Soweit aber mehrere Zähne umklammert werden sollten, kam es durch Überschreiten der Elastizitätsgrenze des Metalls zu Brüchen und Mißerfolgen. Diesen Unsicherheitsfaktoren bei der Herstellung sollte durch die Anwendung des Parallelometers zur Bestimmung der untersichgehenden Gebiete in Abhängigkeit von der Einschubrichtung begegnet werden. Dieses Verfahren der Vermessung der Pfeilerzähne mittels Parallelometer wurde zuerst in den USA angewendet. K e n n e d y (17) nennt F o r t u n a t i als ersten, der das Parallelometer bei der Klammerherstellung als Hilfsmittel benutzt haben soll. Ebenso zeigt im Jahre 1922 E v s l i n (8) die Anwendung des Parallelometers zur Klammervermessung an. Um 1928 wurde in den USA von der Ney-Company ein spezielles Klammervermessungsgerät aus der Urform des Parallelometers entwickelt.
In Deutschland wurde dagegen eine Vermessungstechnik dieser Art kaum angewendet. L o o s (20) lehnte das Paralle-

lometer als "zu kompliziert" ab. Er stellte nur den Umfang der Einzelzähne fest. Als Hilfsmittel empfahl er dazu eine Schublehre. E l b r e c h t (7) verlangt zur Prüfung der Parallelität lediglich eine "kritische, optische Kontrolle" und K a n t o r o w i c z (16) verwendet nur bei starker Achsendivergenz der Klammerzähne ein Parallelometer.

Um die Lage des Klammerarmes im untersichgehenden Raum genau festlegen zu können und den Federweg so groß zu wählen, daß der Klammerarm nur innerhalb der durch das Material bestimmten Elastizitätsgrenze auffedert, wurde von der Ney-Company in den USA der sog. Meßteller zum Parallelometer entwickelt (24). Da auf diese Weise der Federweg des Klammerarmes genau festgelegt werden konnte, schaltete man schon in der Planung Deformationen und Brüche des Klammerarmes aus.

Das Klammersystem der Ney-Company, welches nach dem 2. Weltkrieg durch S i n g e r (33), S e l b a c h (32), G i n s (10), D r u m (4), H e i n t z (14) und durch die Übersetzung des "Ney-Buches" von der Degussa (24) auch in Deutschland bekannt wurde, hat sich jetzt im allgemeinen durchgesetzt. Allerdings treten in Deutschland anstelle der Gold-Platin-Legierungen, auf die das Ney-System im Grunde abgestimmt ist, meistens Chrom-Kobalt- und Edelstahllegierungen. Es wurde versucht, den wesentlich höheren Elastizitätsmodul der Stahllegierungen durch grazilere Klammerformen zu kompensieren. Eine genaue Abstimmung der Wachsschablonen auf die verschiedenen Legierungsarten gibt es aber nicht (D r u m (5)).

Es wird dem Laboranten überlassen, die richtige Wachsschablone auszuwählen.

Rein empirisch wird also versucht, das Material, die Stärke und Länge des Klammerarmes und den Federweg so zu wählen, daß die Klammern nicht durch Deformation ihre Retentionskraft verlieren.

In der vorliegenden Arbeit soll am Phantommodell untersucht werden, wie groß die Retentionskräfte von gegossenen Klammern bei Verwendung unterschiedlicher Metallegie-

rungen sind und welche Veränderung der Retentionskraft bei Dauerbeanspruchung auftritt. Die Versuche wurden einmal mit Goldlegierungen und den von der Ney-Company herausgebrachten Wachsschablonen sowie mit Chrom-Kobalt-Legierungen und Wachsschablonen der Firma Dentaurum durchgeführt.

II. Physikalische Grundlagen der Retentionskraft.

Die Aufgabe, eine Prothese am Restgebiß festzuhalten, entspricht in der Mechanik dem Problem der Fixierung eines beweglichen Systems in einer bestimmten Lage. Zur Fixierung der Prothese wird die Haltefunktion der Klammer ausgenutzt. Diese wird durch folgende Faktoren beeinflußt:

1.) Die Dimension der Klammerarme
2.) Die Lage der Klammerarme
3.) Die Eigenschaften des Klammermaterials
4.) Die Oberflächenbeschaffenheit von Klammer und Zahn.

Es werden in den elastischen Teilen der Klammerarme Biegespannungen wirksam, wie sie in einseitig eingespannten Metallstäben auftreten. Deswegen kann man die physikalischen Gesetzmäßigkeiten solcher Metallstäbe auf die elastischen Klammerarme übertragen und ihre Kräfteverhältnisse studieren.

Die Größe der Federkraft wird im allgemeinen wie folgt definiert:

"Die Größe der von einer Feder entwickelten Kraft verändert sich proportional der Durchbiegung f; die Feder biegt sich proportional der auf sie einwirkenden Kraft P durch, solange das Hook'sche Gesetz Gültigkeit hat (18)."

Die Einschränkung durch das Hook'sche Gesetz besagt, daß die Gesetzmäßigkeiten nur bestehen, solange die Durchbiegung im elastischen Bereich des Federmaterials bleibt.

Die Faktoren der Federkraft in Formeln ausgedrückt:

1.) Durchbiegung f:

$$f = \frac{4Pl^3}{bh^3 . E \sqrt{\frac{b+b_1}{2}}} ;$$

2.) Durchbiegungskraft P:

$$P = \frac{fbh^3 . E \sqrt{\frac{b+b_1}{2}}}{4l^3} ;$$

Diese Formeln gelten für Federarme, die eine konstante Breite haben (vgl. Abb.2). Die Federarme der Ney-Gußklammer laufen aber spitz zu, da bei ihnen die sog. Kuhhornform angewendet wird (24). Die Formeln verändern sich in diesem Fall (vgl. Abb.):

3.) Durchbiegung f:

$$f = \frac{4Pl^3}{bh^3 \cdot E\sqrt{\frac{b}{2}}} \quad ;$$

4.) Durchbiegungskraft P:

$$P = \frac{fbh^3 \cdot E\sqrt{\frac{b}{2}}}{4l^3} \quad ;$$

Die Formeln 3.) und 4.) sind nur gültig, wenn die Klammer punktförmig am Ende belastet wird.

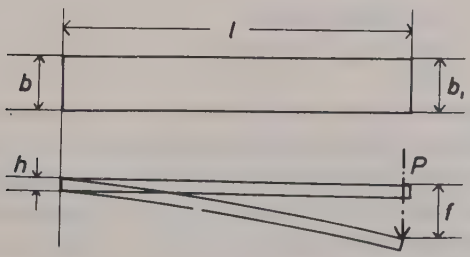


Abbildung 2

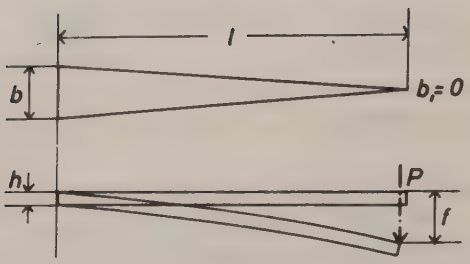


Abbildung 3

Erklärung der Symbole:

b = Breite des Klammerarmes
l = Länge des Klammerarmes
h = Stärke des Klammerarmes
f = Federweg
P = Aufbiegungskraft
E = Elastizitätsmodul

Tatsächlich berührt aber der Klammerarm auf seiner gesamten Innenfläche den Zahn. Beim Herausnehmen oder Hineinsetzen der Prothese werden die Klammern nicht punktförmig, sondern auf der gesamten Fläche, die dem Zahn fest anliegt, belastet. Es tritt also in Wirklichkeit eine sogenannte Streckenlast (29) auf.
Die Formeln 3.) und 4.) besitzen nur in einem Grenzwert Gültigkeit, nämlich nur dann, wenn die Spitze des Klammerarmes punktförmig auf dem Äquator des Zahnes zu liegen kommt.
Zu 1.)
Einfluß der Dimension des Klammerarmes auf die Retentionskraft.
Je länger der Klammerarm gestaltet wird, um so geringere Kräfte sind notwendig, den Klammerarm aus seiner Ruhelage

zu bewegen. Ebenso ist das Verhalten, wenn der Querschnitt des Klammerarmes verkleinert wird (34). Ein kurzer, dünner Klammerarm hat also die gleiche Retentionswirkung wie ein langer, aber in größerem Querschnitt hergestellter Klammerarm (vgl. Formel 3, 4.)

Die im Ney-System angewendeten Klammerformen erzielen eine gleichmäßige Retentionswirkung dadurch, daß die Klammerarme als "Kuhhorn" gestaltet sind. Lange Klammerarme werden dabei an ihrer Basis stärker dimensioniert als kurze, so daß Länge und Querschnitt der Klammer immer im gleichen Verhältnis zueinander stehen.

Zu 2.)

Lage der Klammerarme

Aus den Formeln B) 1, 2, ist ersichtlich, daß die Retentionskraft der Klammer direkt von dem Federweg der elastischen Klammerarme abhängt. Man kann also durch Vergrößerung des Federweges - indem man die Klammer etwas tiefer in das untersichgehende Gebiet des Zahnes legt - die Haltekraft vergrößern. Durch den Elastizitätsmodul und den Dehnungswert des Metalles sind diesem Vorgang Grenzen gesetzt. Wählt man den Federweg zu groß, erreicht man zwar für kurze Zeit hohe Retentionswerte, da aber die Elastizitätsgrenzen überschritten worden sind, kommt es zu einer bleibenden Deformation. Die Deformation wird immer so groß sein, daß der restliche Federweg innerhalb der Elastizität der Metallegierung liegt. Die Retentionskraft wird dann einen wesentlich kleineren, aber konstanten Wert haben. Es wird also durch Überdimensionierung des untersichgehenden Gebietes keine Retentionskraft gewonnen, da es nur eine Frage der Zeit ist, wann die bleibende Deformation eintritt, durch die dann infolge der abstehenden Klammerarme vielfach der inlayartige Sitz der Gußklammer verloren geht.

Es ist also notwendig, eine genaue Bestimmung der Retentionsfelder mit Hilfe eines Parallelometers vorzunehmen, da die Größe des untersichgehenden Gebietes von der Metallegierung abhängig ist.

Zu 3.)

Eigenschaften des Klammermaterials

Mitbestimmend für das federnde Verhalten von Klammern ist der Elastizitätsmodul. Als Werkstoffkonstante ist er definiert als der Kehrwert der Dehnungsgröße, wobei die letztere "der Proportionalitätsfaktor zwischen Dehnung und Spannung, solange das Hook'sche Gesetz Gültigkeit hat, ist." (18)

In den meisten Fällen ist vom Hersteller einer Metallegierung der Elastizitätsmodul nicht angegeben.

Durch Messungen auf Anregung von L o e b i c h (19) wurde für eine Reihe von zahnärztlich verwendeten Legierungen der Elastizitätsmodul bestimmt:

Metall	Elastizitätsmodul E		
	hartgezogen	weichgeglüht	vergütet
Pallig IIIo	$8,7.10^3$	$11,6.10^3$	$10,3.10^3$
Gold,18 kar.	8,6	8,3	-
Gold,18 kar.+ 3% Platallor	9,5	10,3	9,3

Die Gold-Platin-Legierungen haben im Durchschnitt einen Elastizitätsmodul von etwa 9.500 kg/mm^2. Bei den Legierungen auf Chrom-Kobalt und Eisengrundlage ist der Wert etwa doppelt so hoch, d.h. zwischen 19.000 und 22.000 kg/mm^2. Die Grundmetalle beider Legierungsgruppen besitzen einen Elastizitätsmodul in folgender Größenordnung:

E-modul für Metalle der

Goldplatinlegierungen		Chrom-Kobalt-Legierungen	
Gold	7.900	Chrom	19.000
Platin	17.320	Kobalt	21.280
Silber	8.160	Molybdän	33.630
		Wolfram	41.530

(nach Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau, 29).

Aus diesen Werten und den Messungen von L o e b i c h (19) geht hervor, daß die Elastizitätsmoduln der Goldplatinlegierungen und die der Chrom-Kobalt-Legierungen sich stark unterscheiden. Unter Voraussetzung

gleicher Dimensionen würde eine Goldklammer nur die halbe Retentionskraft einer Chrom-Kobalt-Klammer besitzen, da der Elastizitätsmodul ersterer nur die Hälfte des Wertes der Chrom-Kobalt-Klammer aufweist. Es genügt, aus Chrom-Kobalt-Legierungen hergestellte Klammern im Querschnitt wesentlich graziler zu gestalten, um die gleiche Retentionskraft zu erhalten, die sonst nur durch in ihrer Dimension stärkere Goldgußklammern möglich wären. Gleichzeitig erreicht man mit einer Querschnittsverkleinerung die Möglichkeit einer größeren Aufbiegung, ohne eine Deformation der Klammerarme befürchten zu müssen (26).
Es ist demnach notwendig, bei der Herstellung von gegossenen Klammern zur ausgewählten Metallegierung eine abgestimmte Wachsschablone zu wählen, da durch diese die Dimension des Klammerarmes im richtigen Verhältnis zur Metallegierung festgelegt ist (D r u m (5)).
Zu 4.)
Die Oberflächenbeschaffenheit von Klammer und Zahn
Neben der durch Federkraft erzeugten Retentionswirkung tritt, infolge Haftung der Oberflächen von Klammer und Zahn aneinander, eine zusätzliche Haltewirkung auf. Die Haftung ist abhängig von der Rauhigkeit beider Oberflächen.
Die Oberfläche der Zahnkrone ist durch die Bedeckung mit Zahnschmelz relativ glatt. Die Klammer hat zwar eine wesentlich größere Rauhigkeit, da sie an den dem Zahn anliegenden Teilen nicht bearbeitet werden darf, um die Paßgenauigkeit nicht zu beeinträchtigen. Diese Rauhigkeit kommt aber nur in sehr geringem Ausmaß zur Wirkung, da der zwischen Zahn und Klammer liegende Speichelfilm im Sinne einer "Schmierung" eine Reibungshaftung kaum zustande kommen läßt. Nur wenn durch unpolierte Füllungen oder durch Zahnsteinansatz die Oberfläche des Klammerzahnes eine große Rauhigkeit aufweist, wird die Reibungshaftung einen größeren Wert erreichen.

III. Eigene Versuche.

Aufgabe dieser Untersuchungen ist es, die Unterschiede der Retentionskräfte festzustellen, die bei der Anwendung verschiedener Metallegierungen zur Klammerherstellung auftreten.
Die Messungen wurden in zwei Abschnitten durchgeführt.
In der ersten Untersuchungsreihe wurden die Retentionswerte von Klammern, die jeweils aus verschiedenen Metallegierungen hergestellt waren, ermittelt.
In einer zweiten Untersuchungsreihe wurden die Klammern einer Beanspruchung ausgesetzt, die dem Gebrauch durch den Patienten entspricht. Die dabei auftretenden Änderungen der Retentionskraft wurden gemessen.

Untersuchungsmaterialien

Als Klammermaterial kamen Metallegierungen, die häufig in der Praxis zur Herstellung von Modellgußprothesen und gegossenen Klammern benutzt werden, zur Anwendung. Aus den Gruppen der Gold-Platin- und der Chrom-Kobalt-Legierungen wurden folgende ausgewählt:

a) Gold-Platin-Legierungen:

Legierung	Brinell		Dehnung		Spez.Gew.		Z F.	
	W	V	W	V	W	V	W	V
Degulor MO	175	260	34	10		15,6	67	96
Degulor M	175	260	34	20		15,7	59	80

Die Legierungswerte entsprechen der A D A - Specification Nr. 5 (1).

b) Chrom.Kobalt-Legierungen:

Legierung	Brinell	Dehnung	Spez.Gew.	Zerreißf.
Resilium	350	10	8,30	90
Remanit Gfh	325	8-10	8,29	110

Die Legierungswerte entsprechen der A D A - Specification Nr. 14 (1).
Die Metallverarbeitung erfolgte nach den Angaben der Hersteller.

Prinzip der Retentionskraftmessung

Zur Messung der Retentionskraft wurde das Prinzip der Waage angewendet. Entgegen der Haltekraft der Klammer wird eine Gegenkraft in Abzugsrichtung angelegt und solange gesteigert, bis ein Gleichgewicht Retentionskraft - Gegenkraft eintritt. Vergrößert man die Gegenkraft, beginnt die Klammer sich vom Zahnmodell zu lösen, da die Retentionskraft der Klammer nicht mehr ausreicht, ein Abgleiten zu verhindern. Man kann also die Gegenkraft im Augenblick des Loslösens der Klammer vom Zahn der maximalen Retentionskraft gleichsetzen.

Modellherstellung

Um die Meßwerte der einzelnen Legierungsgruppen vergleichen zu können, mußten die Versuchsbedingungen möglichst in allen Phasen standardisiert werden. In allen Messungen wurde die Klammer Nr. I des Ney-Systems als Klammerform benutzt. Da die Dimension der Klammer einen großen Einfluß auf die Retentionswirkung ausübt (B a e t z (3)), wurde ein stilisierter Mahlzahn als Modell zur Klammerherstellung und Retentionskraftmessung benutzt (vgl. Abb. 4).

Aus den Werten M ü l r e i t e r s (22) ergibt sich eine mittlere Länge von ca. 11,5 mm und eine Breite von ca. 10,5 mm für einen menschlichen Molaren. Danach wurde für das Zahnmodell am Äquator ein Durchmesser von 11 mm gewählt. Die Kronenhöhe beträgt im nicht untersichgehenden Teil 3 mm; der Äquator 1 mm und der untersichgehende Teil ebenfalls 3 mm. Die Gesamthöhe des Zahnmodells beträgt 7 mm. Kaufläche und Cervikalfläche haben beide einen Durchmesser von 10 mm. Dadurch beträgt die Tiefe des Unterschnittes maximal 0,5 mm (vgl. Abb.4 u. Abb.8).

Um die Klammern in der zweiten Versuchsanordnung einer Dauerbeanspruchung aussetzen zu können, wurde ein weiteres Zahnmodell in gleichen Dimensionen hergestellt. (vgl. Abb.5 u.Abb.9). Zusätzlich wurde durch den Mittelpunkt senkrecht zum Äquator eine Achse gelegt, um die das Modell in Rotation versetzt werden kann. Außerdem wurde

der Äquator des Zahnes an einer Stelle in Form einer Nocke bis zur unteren Begrenzung herabgezogen. Bei einer Umdrehung des Zahnmodells werden durch den Exzenter die unterhalb des Äquators liegenden Teile der Klammer aufgebogen. Die Aufbiegung erreicht die gleiche Größe, wie sie beim Einsetzen oder Herausnehmen der Prothese beim Patienten auftreten würde, da in diesem Fall die Klammern ebenfalls über den Äquator gleiten müssen, um in die untersichgehenden Gebiete der Klammerzähne einzufedern.

Klammerherstellung

Die Herstellung der Gußklammern wurde nach dem Ney-Modellgußverfahren durchgeführt. Vom Zahnmodell wurde ein Abdruck mit einer elastischen Abdruckmasse genommen und ein Hartgipsmodell hergestellt. An diesem Modell erfolgte eine genaue Vermessung mit dem Ney-Klammerzeichner. Als Abzugsrichtung der Klammer wurde die Längsachse des Zahnmodells gewählt. Zur Vermessung des untersichgehenden Gebietes des federnden Anteils der Klammer kam der Meßstab Nr. "20" zur Anwendung. Die Größe des Meßtellers ermöglicht der Klammer einen Federweg von 0,48 mm am Ende jedes Klammerarmes. Dieser Wert wird von der Ney-Company für die Klammer Nr. I vorgeschlagen (24). Von diesem vermessenen und zum Dublieren vorbereiteten Modell wurden dann die Arbeitsmodelle aus der entsprechenden Einbettmasse für den Gold-Platin- bzw. Chrom-Kobalt-Guß hergestellt. Als Einbettmasse für die Gold-Platin-Gußklammern kam Duroterm "hart" der Firma Bayer zur Anwendung. Für die Chrom-Kobalt-Legierungen wurde Multi-Vest als Einbettmasse verwendet. Die Glättung der Oberflächen der Modelle aus Einbettmasse erfolgte durch Eintauchen in 150° C heißes Bienenwachs für 30 sec.

Die Gold-Platin-Klammern wurden mit Hilfe von Ney-Wachsschablonen auf dem Modellzahn aus Einbettmasse vorgeformt. Wachsformen der Firma DENTAURUM fanden zur Modellierung der Chrom-Kobalt-Klammern Verwendung.

Zum Guß der Gold-Platin-Klammern wurde die Tiegelschleu-

der der Firma Degussa benutzt. Die Vorwärmzeit der Muffeln betrug 40 Min. bei 300° C zum Wachsaustreiben und 30 Min. bei 750° C zur Vorbereitung zum Guß.
Der Guß der Chrom-Kobalt-Klammern erfolgte in der Horizontalschleuder Type HLS I von der Firma Lindner. Um Oxydationsprodukte während des Schmelzvorganges zu vermeiden, wurde Argongas beim Erhitzen über das Schmelzgut geleitet. Die Muffeltemperatur betrug beim Guß 950° C.
Die Ausarbeitung der Klammern erfolgte in üblicher Art und Weise mit Schleifkörpern und Polierpaste. Die dem Zahn zugekehrten Seiten wurden nicht bearbeitet. Die übrigen Klammerteile wurden auf Hochglanz poliert.

Ausführung der Messungen

Zur Messung der Retentionskräfte diente die Versuchsanordnung nach Abb. 6 u. 8.

Die zu prüfende Klammer A wurde auf den Modellzahn B aufgesetzt und über eine Kupplung C mit dem Gewicht D verbunden. Durch ein Stahlseil war dieses Gewicht mit der Klammer A verbunden. Die Umlenkrollen E lenkten die Kraft des Gewichtes C so, daß die Klammer A genau in Abzugsrichtung belastet wurde. Durch Steigerung der Abzugskraft in Stufen von 10 zu 10 Pond wurde die Gewichtsmenge ermittelt, die gerade eine Loslösung der Klammer vom Modell erwirkt. Diese Gewichtsmenge entspricht der maximalen Retentionskraft der Klammer einschl. der Kräfte, die durch Überwinden des Reibungswiderstandes im System auftreten.

Zur Bestimmung der Reibungsverluste wurde folgender Vorversuch unternommen:

Anstelle der zu prüfenden Klammer wurde an der Kupplung C ein bekanntes Gewicht befestigt. Das Gegengewicht D wurde solange gesteigert, bis im System ein Gleichgewicht auftrat bzw. das bekannte Gewicht sich vom Boden zu heben begann. Die Differenz des bekannten Gewichtes und des Gewichtes D gibt den Reibungsverlust an. Als Mittelwert wurde aus 10 Einzelmessungen ein Reibungsverlust von 80 Pond ermittelt. Es muß also von der Gewichtsmenge, die nach obiger Versuchsanordnung die Retentionskraft der Klammer angibt, ein Betrag von 80 Pond abgezogen werden, um die tatsächliche Retentionskraft zu erhalten.

Die Retentionskraft wurde als Durchschnittswert aus 5 Einzelmessungen von Klammern gleicher Dimension und gleicher Legierungsart ermittelt.

Zur Feststellung der Retentionskraftänderung wurde die Apparatur nach Abb. 7 u. 9 verwendet.

Die Klammer wurde auf ein dem Urmodell in seinen Dimensionen entsprechendes Stahlmodell gesetzt, das, wie die Abbildung 9 in Vergrößerung zeigt, an einer Stelle eine Nocke unterhalb des Äquators besitzt. Durch diese wurden

die Klammerarme beim Drehen des Stahlmodells auseinandergedrückt. Da die Nocke die gleichen Maße wie der Äquator des Zahnmodells besitzt, wurden die Klammerarme auch nur so weit ausgedehnt, als ob sie beim Aufsetzen der Klammer auf den Zahn über den Äquator federn. Eine Umdrehung des Stahlmodells beanspruchte die Klammer ebenso, als ob sie einmal auf den Zahn aufgesetzt oder abgezogen worden wäre. Durch ein Zählwerk konnten die Umdrehungen der Nocke genau festgehalten werden. Nach anfangs 1000 , dann alle 2000 Umdrehungen wurde nach der ersten Versuchsanordnung die Retentionskraft bestimmt.

Der Zwischenwert von 1000 Belastungen erwies sich als notwendig, da die Klammern aus Chrom-Kobalt-Legierungen gerade zu Anfang große Unterschiede in der Retentionskraft zeigten.

Bei der Annahme, daß der Patient die Modellgußprothese 3 mal am Tage zur Reinigung herausnimmt, ergeben sich 6 Belastungen der elastischen Klammerarme täglich. Es entspricht also der maximale Belastungswert von 21000 in der zweiten Untersuchungsreihe einer etwa 9-jährigen Tragezeit.

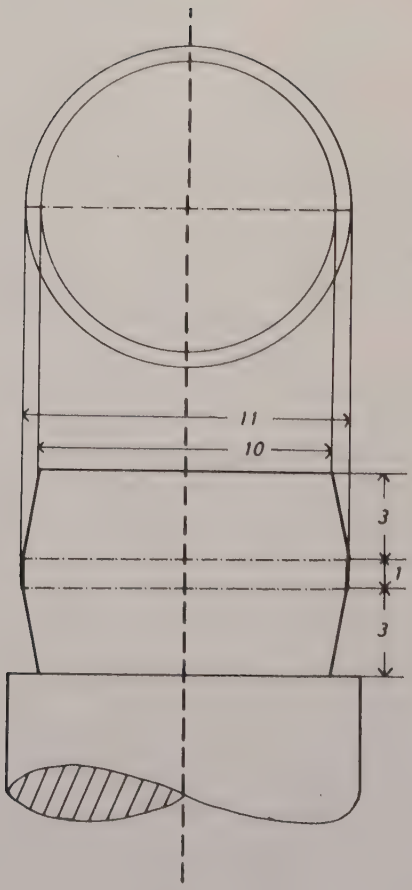


Abb. 4
Aufrißzeichnung des für die Messungen verwendeten Zahnmodells.

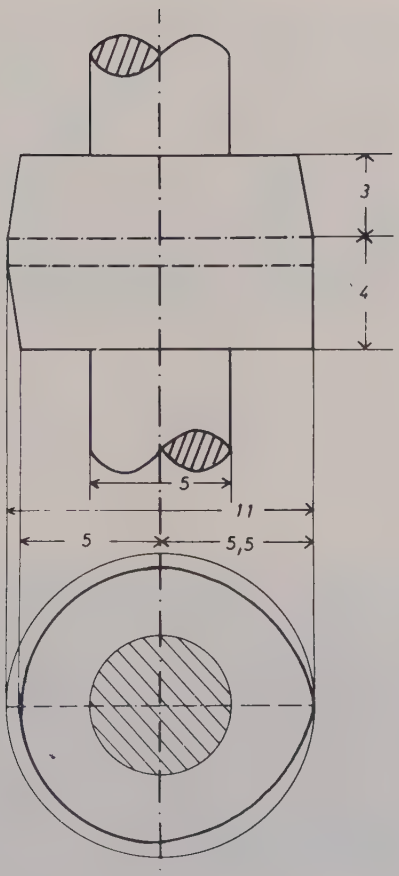


Abb. 5

Dem Zahnmodell dimensionsgleicher Drehkörper mit Exzenter für die Belastungsimpulse.

Abb. 6.
Versuchsanordnung zur Retentionskraftmessung

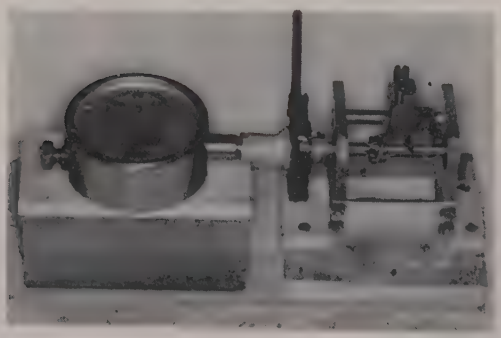


Abb. 7.
Gesamtansicht der Versuchsanordnung
zur Dauerbeanspruchung

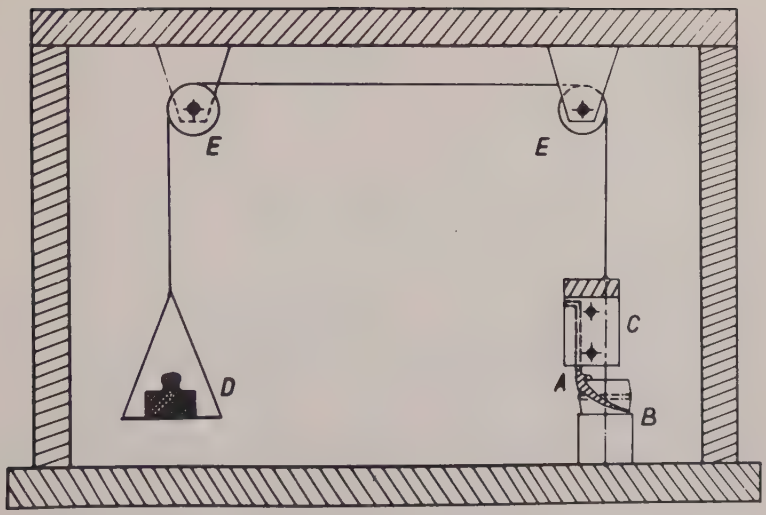


Abb. 8
Versuchsanordnung zur Ketentionskraftmessung, vgl. Text S. 18

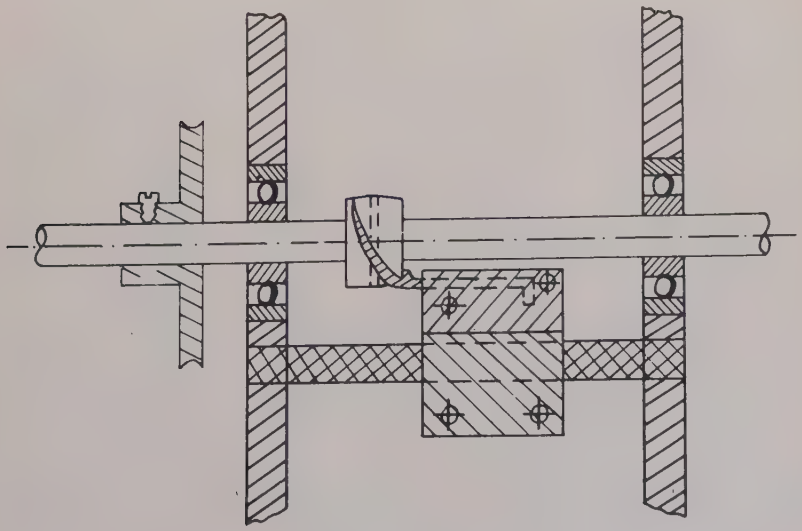


Abb. 9
Impulsgeber zur Dauerbeanspruchung

IV. Meßwerte

Die durchschnittliche Retentionskraft in Pond ergab folgende Werte:

MW - Mittelwert

Degulor MO

Klammer	Retentionsk.
1	1070
2	1400
3	1200
4	1710
5	1100
MW	1296

Degulor M

Klammer	Retentionsk.
1	490
2	600
3	680
4	530
5	950
MW	650

Resilium

Klammer	Retentionsk.
1	1870
2	1980
3	2000
4	1980
5	1820
MW	1930

Remanit Gfh

Klammer	Retentionsk.
1	1730
2	2090
3	2200
4	2110
5	2150
MW	2056

D e g u l o r M0

B - Belastungsimpulse
MW - Mittelwert
Meßwerte in Pond

Nr.	B = o	1000	3000	5000	7000	9000
1	1070	1090	1130	1190	1240	1190
2	1400	1430	1430	1500	1510	1450
3	1200	1190	1190	1210	1220	1470
4	1710	1720	1670	1690	1690	1670
5	1100	1120	1100	1040	1040	1010
MW	1296	1310	1314	1326	1340	1298

Nr.	11000	13000	15000	17000	19000	21000
1	1200	1190	1200	1220	1220	1220
2	1450	1460	1460	1460	1460	1460
3	1170	1190	1190	1170	1170	1170
4	1700	1700	1700	1680	1630	1630
5	1020	1020	1040	1040	1020	1020
MW	1308	1312	1318	1314	1308	1308

D e g u l o r M

Nr.	B = o	1000	3000	5000	7000	9000
1	490	490	490	490	490	470
2	600	600	600	580	580	540
3	660	660	660	660	640	620
4	570	570	570	570	570	570
5	950	950	940	940	920	910
MW	654	654	652	644	638	622

Nr.	11000	13000	15000	17000	19000	21000
1	470	470	460	460	440	420
2	540	540	540	540	530	530
3	600	600	600	600	600	600
4	570	560	560	560	560	560
5	900	900	900	900	890	890
MW	614	614	612	612	604	600

R e s i l i u m

Nr.	B = o	1000	3000	5000	7000	9000
1	1870	1260	790	670	670	650
2	1980	1340	850	770	750	750
3	2000	850	700	550	540	540
4	1980	1360	740	690	530	500
5	1820	1420	1120	820	770	770
MW	1930	1246	840	700	652	642

Nr.	11000	13000	15000	17000	19000	21000
1	620	620	620	600	600	600
2	700	700	700	670	670	670
3	520	540	540	540	540	540
4	510	510	470	470	470	450
5	770	720	650	620	620	620
MW	624	618	596	580	580	576

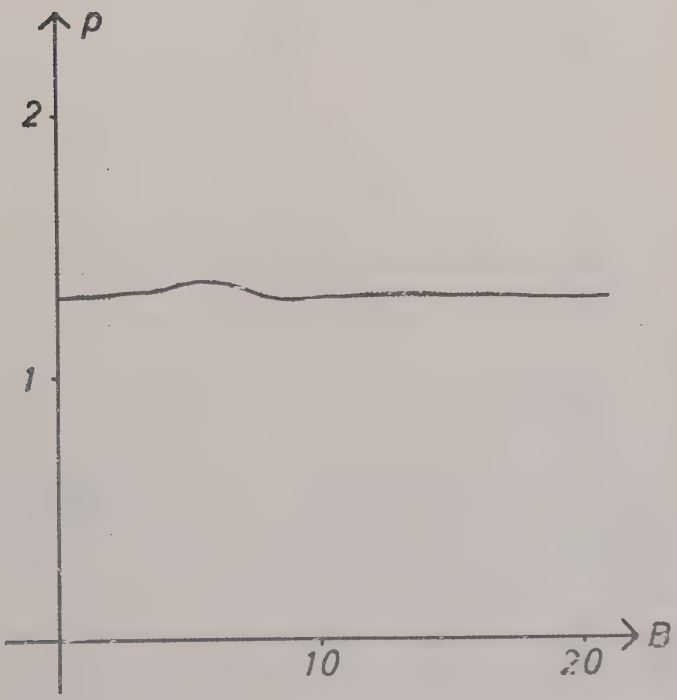
R e m a n i t Gfh

Nr.	B = o	1000	3000	5000	7000	9000
1	1730	1500	1290	1190	1090	1020
2	2090	1510	1140	990	810	790
3	2200	1860	1770	1730	1690	1690
4	2110	1570	1380	1160	1080	940
5	2150	1180	1030	1000	720	660
MW	2056	1524	1322	1214	1078	1020

Nr.	11000	13000	15000	17000	19000	21000
1	970	800	780	780	780	780
2	770	790	790	790	790	790
3	1670	1620	1600	1600	1580	1580
4	900	860	860	860	850	850
5	620	600	600	580	580	580
MW	986	934	926	922	916	916

Graphische Darstellungen der Meßwerte aus den Tabellen I - IV

D e g u l o r M O

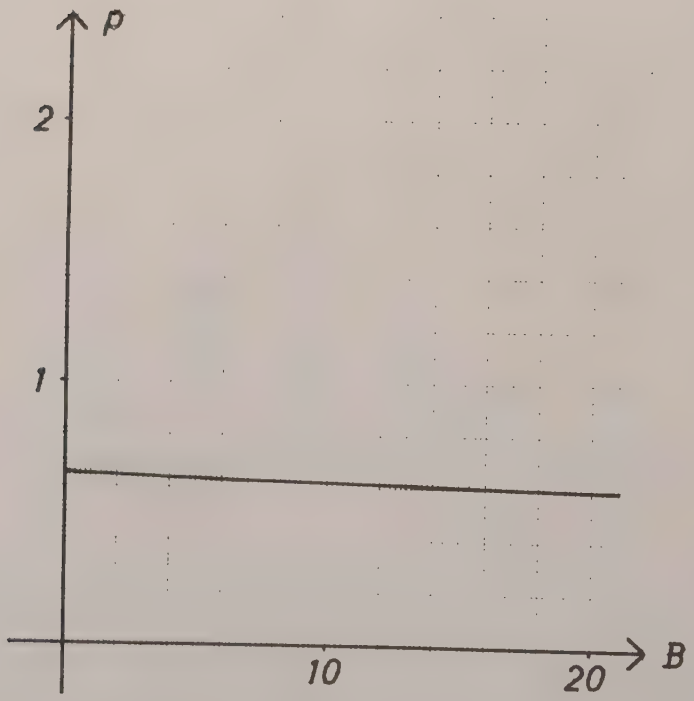


p - Pond

B - Belastungsimpulse

Werte in 1000

D e g u l o r M

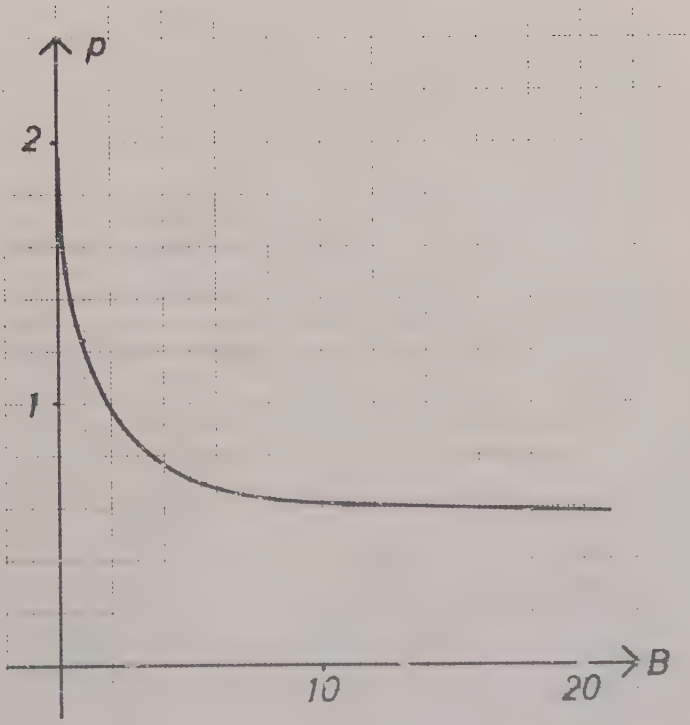


p - Pond

B - Belastungsimpulse

Werte in 1000

R e s i l i u m

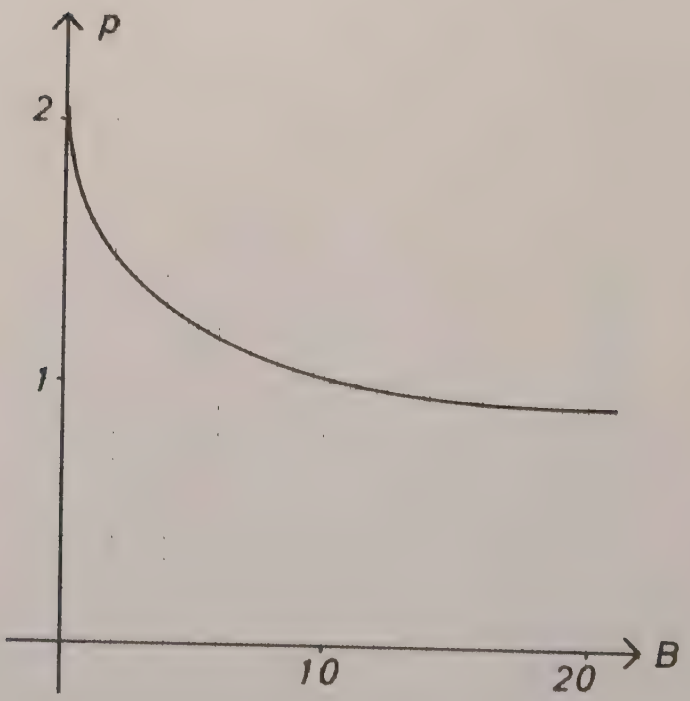


p - Ton

B - Belastungsimpulse

Werte in 1000

R e m a n i t G f h



p - Pond

B - Belastungsimpulse

Werte in 1000

V. Diskussion.

A) Meßverfahren

Die in Abschnitt "Eigene Versuche" beschriebenen Methoden zur Retentionskraftmessung und Dauerbeanspruchung wurden möglichst den tatsächlichen Verhältnissen, wie sie in der Mundhöhle des Patienten bestehen, angepaßt.
In dem von N o a c k (25) angegebenen Verfahren zur Retentionskraftmessung wurden als Modell extrahierte Zähne aus dem Molarenbereich verwendet.

Um absolut gleichmäßige Bedingungen zu schaffen, wurde in der hier benutzten Anordnung ein aus Automatenstahl hergestelltes Zahnmodell benutzt.

Die hier zur Dauerbelastung verwandte Methode wurde vorgezogen, da die von B a e t z (3) und S i t t n e r (34) benutzte Anordnung verschiedene Nachteile besitzt:

1. Die Klammeröffnung, welche durch die Klammerarme gebildet wird, muß immer den gleichen Wert besitzen.
2. Der hin- und hergehende Stempel belastet die Klammerenden nur punktförmig am Ende des Klammerarmes. Dadurch können sich die spitz zulaufenden Klammerenden nach außen biegen und eine Deformation vortäuschen.
3. Da die Klammerarme nur an der Spitze belastet werden, stellt sich bald an Klammer und Stempel starker Abrieb ein, der als Fehler in das Ergebnis eingeht.

In der von mir benutzten Anordnung fallen diese Punkte fort, da der drehrunde Rotationskörper die Klammerarme flächig belastet. Dadurch ist der Abrieb von Drehkörper und Klammerarm nur gering.

B) Meßwerte

Die Meßergebnisse zeigen einen wesentlichen Unterschied im Verhalten der Klammern aus Gold-Platin-Legierungen gegenüber den Klammern aus Chrom-Kobalt-Metallen sowohl in der Retentionskraft als auch bei Dauerbelastung.
Die Retentionskraft der Gußklammern aus Degulor M mit 650 p ist der am niedrigsten gemessene Haltewert von

allen Klammern. Bei Verwendung von Degulor MO wurde eine Retention von 1296 p im Durchschnitt gemessen.
Wesentlich höher lagen die Haltewerte bei den Chrom-Kobalt-Legierungen. Klammern aus Remanit hatten einen Durchschnittswert von 1930 p und aus Resilium von 2056 p.

Nur ein geringfügiger Abfall der Retentionswerte in der Dauerbelastung war bei den Goldlegierungen zu beobachten. Nach 21000 Impulsen ließ die Haltekraft bei Degulor M um 8,3 % nach. Bei der Platingold-Legierung Degulor MO wurde kein Abfall der Haltekraft gemessen. Der nach 21000 Impulsen gemessene Wert von 1308 p ist um ca. 0,8 % größer als der Anfangswert (1296 p). Dieser geringe Anstieg kann aber nicht als eine Steigerung der Retentionskraft angesehen werden, da der Meßfehler bei diesen Messungen im Durchschnitt ca. 5 % beträgt, also weit größer ist als der Wert des Retentionskraftanstieges, der bei Degulor MO gemessen wurde.

Wesentlich anders verhalten sich bei Dauerbelastung die Chrom-Kobalt-Legierungen. Es wurde zwar ein sehr hoher Anfangswert der Retentionskraft gemessen (1930 p Remanit G fh; 2056 p Resilium), aber schon nach einer sehr geringen Biegezahl waren die Werte auf die Hälfte abgesunken. Die Klammern aus Resilium hatten schon nach 2000 Belastungen nur noch den halben Retentionswert (1028 p). Von etwa 10000 Belastungsimpulsen an ließ sich nur noch ein geringer Abfall der Haltekraft feststellen.

Nach 21000 Impulsen betrug die Retentionskraft 576 p. Um 70 % haben also die Klammern aus Resilium ihre Haltekraft eingebüßt.

Die Klammern aus Remanit G fh haben einen nicht so starken Abfall des Halteswertes gezeigt. Erst nach ca.10000 Belastungsimpulsen sank die Retentionskraft auf die Hälfte des Anfangswertes ab. Insgesamt war bei dieser Legierung ein Abfall der Haltekraft von 54 % zu verzeichnen.

Der starke und schnelle Abfall des Retentionswertes bei den Klammern aus Chrom-Kobalt-Legierungen läßt darauf schließen, daß der nach dem Ney-System für die hier verwendete Klammerform No. I vorgeschriebene Federweg von 0,48 mm (Meßteller "20") zu groß ist.

Durch den sehr hohen Elastizitätsmodul und die geringe Dehnung von nur 8 - 10 % wird es zu einer bleibenden Deformation gekommen sein.

Daß nach einer gewissen Anzahl von Belastungsimpulsen (ca. 10ooo) fast kein Abfall der Haltekraft mehr auftritt, ist dadurch zu erklären, daß der restliche, nach der Deformation verbleibende Federweg innerhalb der Elastizitätsgrenzen liegt.

Nach Messungen von E i c h n e r und R o h r b a c h (6) wird für partielle Prothesen eine Mindestretention von 200 p gefordert. Es reichen also die gemessenen Werte der Haltekraft von 576 p bzw. 916 p der Chrom-Kobalt-Klammern nach 21ooo Belastungsimpulsen trotz des starken Retentionskraftabfalls noch aus, die Prothese genügend im Munde des Patienten zu fixieren.

VI. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit sollte untersucht werden, in welcher Weise sich die Retentionskräfte von gegossenen Klammern bei Dauerbeanspruchung verändern, wenn unterschiedliche Metallegierungen zur Herstellung verwendet werden.

Es wurden je fünf Ney-Klammern der Form-Nr. I aus zwei verschiedenen Gold-Platin- und zwei Chrom-Kobalt-Legierungen hergestellt.

Die Retentionskraft wurde an einem Phantommodell gemessen und nach Dauerbeanspruchung die Minderung der Haltekraft bestimmt.

Die Gußklammern aus den Gold-Platin-Legierungen zeigten keinen bzw. nur einen äußerst geringen Retentionskraftabfall. Bei den Klammern aus Chrom-Kobalt-Legierungen zeigte sich dagegen eine Verminderung der Haltekraft schon nach kurzer Belastung bis zu 70 %. Die Endwerte blieben aber über den geforderten Mindestretentionswerten für partielle Prothesen.

VII. Literaturverzeichnis.

1. American Dental Association
Guide to dental materials - Dentalmaterialien -
Quintess. 13, H. 11, 81, 1963

2. Anderes, Th.
Über die Paßform von partiellen Metallgußprothesen
Quintess. 10, 1248, 1958

3. Baetz, E.
Klammerprüfung in Abhängigkeit von Form und Dimension
DZW 57, 507, 1931,

4. Drum, W.
Abgestimmte Gußklammern und Parafunktionen
Quintess. 7, 728, 1956

5. Drum, W.
Schablonen für abgestimmte Gußklammern
Quintess. 10, 1333, 1959

6. Eichner, K.u.Rohrbach,Chr.
Meßung der Kräfte beim Kauvorgang mit Widerstandsmeßdosen von Molarengröße ohne Behinderung der Okklusion und Artikulation
DZZ 13, 146, 1958

7. Elbrecht, A.
Systematik der abnehmbaren partiellen Prothese
J. A. Barth, Leipzig, 1950

8. Evslin, L. E.
Der Brückenmesser
Zahnärztl. Rundsch. 33, 243, 1924

9. Frey, V.
Roach'sche Brücken
Zeitschr. f. Stom. 8,475, 1923

10. Gins, H.
Gußklammer oder Drahtklammer
Zahnärztl. Rundsch. 66, 95, 1957

11. Groß u. Nowack, L.
Über Klammerprüfmethoden
Dtsch. Zahnärztl. Welt 56, 689, 1930

12. Hahn, P.
Klinische Erfahrungen bei Versorgung von Lückengebissen mit Einstückgußprothesen (Ney)
Dtsch. Stom. 13, 404, 1963

13. Hehring, H.
Partielle Modellgußprothesen nach dem Ney-System
Dtsch. zahnärztl. Zschr. 17, 689, 1962

14. Heintz, U.
Die dental getragene Schaltprothese nach dem Ney-System bei starker Achsendivergenz der Trägerzähne
Dtsch. zahnärztl. Zschr. 12, 628, 1957

15. Jenull
Brücke oder Modellgußprothese
Dtsch. Zahnärztebl. 17, 632, 1963

16. Kantorowicz, A.
Die Rationalisierung der partiellen Prothese
Zahnärztl. Rundsch. 36, 501, 1927

17. Kennedy, E.
Partielle Zahnprothesen und ihre Herstellung
Hermann Meusser, Berlin 1932

18. Lexikon der Physik
Frank'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1950

19. Loebich, O.
Über die Elastizität federnder Dentallegierungen
I DZZ 8, 464,1953, II ZW 8, 203, 1953,
III DZZ 10, 133, 1955

20. Loos, A.
Die Gußklammer, ihre Technik und ihre Verwendung
Hermann Meusser, Berlin 1929

21. Markskors, R.
Praktische Erfahrungen mit dem Ney-Klammersystem
Dtsch. Zahnärztebl. 14, 235, 1960

22. Mühlreiter, E.
Anatomie des menschlichen Gebisses
A. Felix, Leipzig 1912

23. Nesbett
Einfache Form einer abnehmbaren Brücke mit angegossenen Klammern
Zahnärztl. Rundsch. 17, 268, 1918

24. Ney, J. M.
Die gegossene partielle Prothese - Planned partials - übertragen vom Metallographischen Laboratorium der DEGUSSA
DEGUSSA, Frankfurt a.M. 1957

25. Noack, F.
Messungen der Retention von Klammern und partiellen Prothesen mit verschiedenen Klammerformen an natürlichen Zähnen
Med. Diss., Berlin 1962

26. Nowack, L.
Über Klammergoldlegierungen
V. f. Zahnheilk.,47, 443, 1931

27. Ollendorf
Eine neue Methode zur Herstellung von Zahnersatzstücken
Dtsch. M. f. Zahnheilk. 22, 657, 1904

28. Reichert, J.
Eine neue Methode zur Herstellung gegossener Klammern
Zahnärztl. Rundsch. 47, 66, 1938

29. Sass, E.
Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau

30. Scheu, R.
Klammer und Bügelbiegetechnik
R. Scheu, Hagen 1957

31. Schmitz, W.
Eine Herstellungsmethode für Klammerbrücken aus einem Guß
Zahnärztl. Rundsch. 37, 1282, 1928

32. Selbach, F.W.
Moderne, insbesondere amerikanische Klammern
Dtsch. zahnärztl. Zschr. 4, 397, 1949

33. Singer, F.
Das Ney-Klammersystem
Dtsch. zahnärztl. Zschr. 11, 177,1956

34. Sittner, K.
Über die Anwendung von Vitallium
Dtsch. Z M K 4, 533, 1937

35. Terjung, K.
Untersuchungen der mechanischen Eigenschaften
einer Reihe von Klammergoldlegierungen
Dtsch. zahnärztl. Welt 58, 244, 1932

36. Weigele, A.
Die Anwendung der gegossenen Klammer
Zahnärztl. Rundsch. 20, 828, 1921

37. Westphal, O.
Untersuchungen über die elastischen Eigenschaften
der Klammermetalle und ihre Veränderungen
Zahnärztl. Rundsch. 38, 890,1929

Meinem verehrten Lehrer Prof. Dr. H. Kirsten möchte ich für die Überlassung des Themas meinen besonderen Dank sagen.

Herrn Dr. H. Hehring danke ich für die hilfsreiche Unterstützung und die wertvollen Ratschläge.

L e b e n s l a u f

Am 14. Dezember 1936 wurde ich als Sohn des Kaufmanns Günther Eiselt und seiner Ehefrau Hedwig geb. Blanck in Magdeburg geboren.
Mit dem siebenten Lebensjahr wurde ich eingeschult. Im Jahre 1953 siedelten meine Eltern und ich nach West-Berlin über. Im Frühjahr 1957 legte ich an der Menzel-Schule in Berlin-Moabit die Reifeprüfung ab. Im gleichen Jahr wurde ich zum Studium der Zahnheilkunde an der Freien Universität Berlin immatrikuliert. Im Sommersemester 1959 legte ich die zahnärztliche Vorprüfung ab. Die zahnärztliche Prüfung bestand ich im August 1962 vor dem Prüfungsausschuß in Berlin.